

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-204648

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

H04B 10/20
H04B 10/105
H04B 10/10
H04B 10/22
H04B 10/02
H04B 10/18

(21)Application number : 07-009819

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 25.01.1995

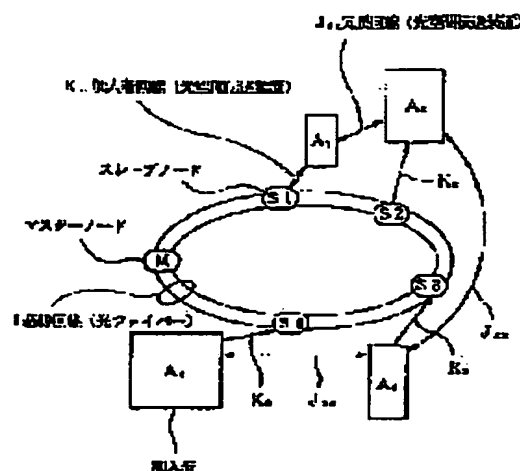
(72)Inventor : OTOBE TAKASHI

(54) SUBSCRIBER LINE NETWORK EMPLOYING OPTICAL SPACE COMMUNICATION DEVICE AND REDUNDANT LINE NETWORK

(57)Abstract:

PURPOSE: To build up the subscriber line and the redundant line in a short time by building up the line through the installation of plural optical fibers in a ring and building up the subscriber line with optical space communication device.

CONSTITUTION: A line network is built up by a trunk line I, a subscriber line K and a redundant line J. Then the trunk line I is formed by installing plural optical fibers in a ring and at least a master node M is provided in the line, which receives/outputs information and controls the entire system. Furthermore, slave nodes S1-S4 are provided at plural positions of the line and subscriber lines K1-K4 are led from the slave nodes S1-S4 and redundant lines J12, J23, J34 are provided among the subscribers A1-A4 by optical space communication devices. Thus, the line from the trunk line I to the subscribers A1-A4 and the redundant lines J12, J23, J34 among the subscribers A1-A4 are built up by optical space communication devices in a short time.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光ファイバーをリング状に布設して基幹となる回線を構築し、

前記基幹回線の任意の場所に複数のノードを設けると共に、

前記ノードから回線加入者に至までの回線を光空間伝送装置で構築したことを特徴とする加入者回線網。

【請求項2】 前記光空間伝送装置は、回線を構成する一対の装置のうち、一方の装置、即ち相手装置から送られてくる光ビームが他の一方の装置、即ち自装置に入射する角度を検出する検出装置を具備すると共に、前記検出装置の検出結果に基づいて、自装置が相手装置に向けて出射する光ビームの出射方位角を自動的に制御する構成にしたことを特徴とする、請求項1に記載の加入者回線網。

【請求項3】 前記光空間伝送装置は、大気中の微量分子によるスペクトラム吸収によって、送信信号中の雑音が増加することを防止する構成にしたことを特徴とする、請求項1に記載の加入者回線。

【請求項4】 加入者間に設定する冗長回線を光空間伝送装置で構成したことを特徴とする冗長回線網。

【請求項5】 前記光空間伝送装置は、回線を構成する一対の装置のうち、一方の装置、即ち相手装置から送られてくる光ビームが他の一方の装置、即ち自装置に入射する角度を検出する検出装置を具備すると共に、前記検出装置の検出結果に基づいて、自装置が相手装置に向けて出射する光ビームの出射方位角を自動的に制御する構成にしたことを特徴とする、請求項4に記載の冗長回線網。

【請求項6】 前記光空間伝送装置は、大気中の微量分子によるスペクトラム吸収によって、送信信号中の雑音が増加することを防止する構成にしたことを特徴とする、請求項4に記載の冗長回線網。

【請求項7】 前記加入者回線から前記冗長回線への切替えを、加入者回線が故障したことを検出した後に、自動的に行われる構成にしたことを特徴とする、請求項4に記載の冗長回線網。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は回線網関し、更に詳しくは光ファイバーと光空間伝送装置との組み合わせによる基幹回線と加入者回線と冗長回線に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来から基幹回線から加入者に回線を引く場合に行われている方法は、銅の細線を撚り合わせた通信ケーブル、同軸ケーブル、または光ファイバーケーブル等のケーブルを各加入者まで引く方法と、電波による伝送方法、および光による伝送方法等があった。

【0003】 まず、ケーブルを布設する場合には架空と地下埋設の2つがある。架空の場合は、例えば電柱等、

既存の建築物を利用する事が多く、その所有者の許可を取らなければならない、その為に通常長い時間が必要であり、建築物の使用料は高額なものとなる。また、最適な場所に架空する建築物があるとは限らず、架空施設を自ら構築する場合は種々の許可を得る必要があり、一層の費用増大を避けることができず、工事期間も長いものとなる。更に、市街の美観上からも種々の制限を課せられるのが一般的である。

【0004】 また、地下埋設の場合は同様に工事の許可を取らなければならないうえ、場所によっては工事の時期、時間を制限されることが多い上、工事の騒音等市民生活に影響を及ぼすことが多く、また、経費も多額のものが必要となる。

【0005】 つぎに、電波を用いる方法であるが、電波管理の上から管轄する機関の許可を得る必要があり、その為に相応の時間を必要とするものである。また、そもそも電波資源は少なく、電波の割当を得ること自体が極めて困難であり、広く一般的に利用することを難しくしている。更に、最近需要が高まっているデータ伝送は広帯域周波数を必要とする為、なお一層、電波による回線設定を困難なものにしている。

【0006】 また、同じ周波数を近接した地域に割り振った場合、オーバーリーチ（地域を越えて他の地域に電波が到達すること）、反射等の問題があり、伝送信号の品位の劣化が避けられない。

【0007】 最後に光空間伝送を用いる方法であるが、この光空間伝送によれば電波が有する上述したような問題点は排除することができる。しかし、光ビームの伝送路である大気中で、雨、霧、微粒子等の吸収による光パワーの減衰があり、受信側において十分な光パワーを常に保証する為には、送信側において多大な光パワーを用意しなければならなかった。

【0008】 また、大気の揺らぎ、温度勾配の変化によって光ビーム径路が変動し、伝送路間が長くなる程この影響は大きくなる。更に、光空間伝送装置を設置している場所、例えばビルの屋上であっても、周囲の温度変化によってビルそのものが微小ではあるが変形し、光ビームの出射方向を変動させるものである。従って、光ビームが受信装置で外れないようにする為には光ビームの径を大きくする必要があり、この点からも送信側の光パワーを大きくする必要があった。

【0009】 しかし、他方では眼に対する安全対策上から光波長によって単位パワー密度が規制されており、送信側において必ずしも十分な光パワーを用意することができなかった。

【0010】 更にまた、伝送路となる大気中の微量分子によるスペクトラムの吸収と、発振スペクトラムの揺らぎの相互作用による雑音の増加が認識されており、安定した高品位の伝送をすることには困難が伴っていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の課題は加入者回線および加入者間の冗長回線をケーブルで構築する場合、工事環境による工事の困難性、工事に関わる関係機関の許可取得の煩雑さ、および高額な工事費用の削減と共に、長い工事期間等による市民生活への悪影響を解決しようとするものである。

【0012】また、上記回線を無線で構築する場合に生じる、電波の反射、オーバーリーチによる伝送品位の低減の虞を排除する。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は以上の点に鑑みなされたものであって、複数の光ファイバーをリング状に布設して回線を構築し、前記回線の任意の場所に複数のノードを設け、前記ノードから回線加入者に至までの加入者回線を光空間伝送装置で構築する。

【0014】加入者間に設定する冗長回線を光空間伝送装置で構成し、加入者間の前記冗長回線への切替えを、光空間伝送による加入者回線の故障を検出した後に、自動的に行われる構成にする。

【0015】前記光空間伝送装置は受信装置から送られてくる光ビームの入射角に基づいて送信用光ビームの放射方位角を自動的に制御する機能を有すると共に、伝送路となる大気中の微量分子によるスペクトラム吸収と半導体レーザーの発振スペクトラムの揺らぎとの相互作用による雑音増加を防止する機能を有する構成にして前記課題を解決する。

【0016】

【作用】基幹回線からの加入者への回線、または加入者間の冗長回線を光空間伝送装置により短時間で設定することができ、電波で構築する場合の電波の反射、オーバーリーチによる伝送品位の低減の虞を排除する。また、工事に係わる関係者の許可取得の煩雑さを解消し、高額な工事費の削減と共に、市民生活への悪影響を排除する。

【0017】

【実施例】図1ないし図3を参照して光ファイバーによる基幹回線と、光空間伝送装置による基幹回線から加入者までの加入者回線と、加入者間の冗長回線の設定について説明する。

【0018】回線網は図1に示すように基幹回線Iと、加入者回線Kと、冗長回線Jで構築されている。まず、基幹回線Iは複数の光ファイバーでリング状に布設されていて、その少なくとも一か所にマスターノードMを設け、情報の入出力と共に全体の制御に供している。更に、複数の箇所にスレーブノードS1～S4を設け、前記スレーブノードS1～S4から加入者回線K1～K4を、また、各加入者A1～A4間に冗長回線J12、J23、J34を光空間伝送装置で設定する。

【0019】次に、図2を参照してスレーブノードSにおける基幹回線Iと加入者回線Kとの関係について述べ

る。前述したように基幹回線Iは光ファイバーで、加入者回線Kは光空間伝送装置で構築されている。その接続点となるスレーブノードSは、複数の光ファイバーの端子と、その端子から情報を受け取るO/E変換器13と、その端子に情報を乗せるE/O変換器14と、情報を加入者側に流し、また加入者側から入力し、または、光ファイバー間をパスさせる等の制御をする制御回路15とを含んで成っている。加入者は光空間伝送装置で構築された加入者回線Kを通して制御回路15を制御し、基幹回線Iとの関係を目的に応じて形成するものである。

【0020】図3は、例えば上述した回線網を高速道路51沿いに構築する様子を示している。市街地の高速道路沿いにはオフィスビルが多く、また、光空間伝送にとって欠くことのできない見通しの良い空間の確保が容易であり、装置の設置場所も比較的自由に選定することができ、光空間伝送にとってはよい環境にある。

【0021】即ち、図3では高速道路51に基幹回線Iの複数の光ファイバーを布設し、加入者Aへの見通しのよい高速道路51の所定の場所に光空間伝送装置50を設置し、高速道路51沿いの加入者A側にも光空間伝送装置50を設置して加入者回線Kを形成するものである。このような構成によれば従来例で説明したような種々な制約を排除して回線網を構築することができる。

【0022】以下に、本発明に用いる光空間伝送装置が有する自動光軸調整の機構について図4ないし図7を参照して、また、大気吸収スペクトラムと発振スペクトラムの揺らぎとの相互作用による雑音発生低減機構について図8ないし図10を参照して説明する。

【0023】まず、光空間伝送装置とは送る情報を光の強度変調に変換し、前記強度変調した光を受信する側に向かって大気中に出射し、受信側においては入射した変調光を復調することにより、所望の情報信号の伝達を大気空間を介して行うものである。

【0024】即ち、図4に示すように一方の光空間伝送装置50Aと他方の光空間伝送装置50Bとの間で行われる双方向の光空間伝送は、一方の光空間伝送装置50A（又は50B）から送信信号で変調されたレーザー光をレンズ1Dを介して出射（出射光L1）し、他方の光空間伝送装置50B（又は50A）からの同様に変調されたレーザー光（入射光L2）をレンズ1Dを介して受光することで実現される。

【0025】ここで、本発明に係わる光空間伝送装置の一例について、その概略を図5を参照して説明する。同図に示す光空間伝送装置は送信と受信の機能が一体となった構成をしていて、全く同じ装置を対向して設置することにより、双方向の情報伝達を行うことができるものである。

【0026】まず、光学系は光源となる半導体レーザー3、レーザービームを平行ビームに変換するレンズ1A、

光を分離する偏光ビームスプリッタ2、レーザビームを略平行光にして出射する為のレンズ1Bとレンズ1D、および入射光を光検出素子4上に集光する為のハーフミラー5Aとレンズ1C、また、光軸調整の為の位置検出素子6と前記位置検出素子6上にハーフミラー5Aを透過した光を集光するレンズ1Eとを含んで構成されている。

【0027】送信機としての動作は、伝達すべき情報で変調された半導体レーザ3のレーザ光を出射用のレンズ1Dにより略平行な出射光L1に変換して受信する相手装置に送り出すものであり、受信機としての動作は、相手側装置から送られてきたレーザ光、即ち入射光L2をレンズ1Dで受け、光学系を通して光検出素子4上に集光し、前記光検出素子4により光信号は電気信号に変換され、それに続く後段の回路(図示せず)によって元の情報に復調されるものである。

【0028】つぎに、前記位置検出素子6について図6を参照して説明する。図6(a)は位置検出素子6の構成を示して、その受光面41は区別された4辺を有する2次元の広がりを持ち、各辺に電極X1、X2、Y1、Y2が設けられている。各対向する一組の辺を一つの軸(例えばX軸)の電極とし、これと直交する他の一組の辺を一方の軸(例えばY軸)の電極とする。

【0029】ここで受光面41の中心を原点P0(0, 0)、光40の集光点をP(X, Y)とし、光の照射により生じたX軸、Y軸方向の出力電流をそれぞれ個別に測定する。即ち電極毎に、電極X1の出力電流をIX1、電極X2の出力電流をIX2、また電極Y1の出力電流をIY1、電極Y2の出力電流をIY2とし、更に各辺の長さを2D0とすると、集光点をP1(X, Y)は、

$$X = D_0 (IX_2 - IX_1) / (IX_2 + IX_1)$$

$$Y = D_0 (IY_2 - IY_1) / (IY_2 + IY_1)$$

となり、従って、上述した位置検出素子6からの出力電流を演算することにより受光面41の集光位置を決定することができるものである。

【0030】つぎに、相手装置からのレーザ光が前記位置検出素子6上に集光する位置情報に基づき、光軸を自動的に調整する機構について図7を参照して説明する。図7は光空間伝送装置を出射用のレンズ1Dから見た概略図であって、光軸調整の為の原理的構成を説明する為の図である。

【0031】レンズ1Dを含む光学系を搭載した鏡体30はY回転軸29を介して内枠31に回転自在に保持され、更に内枠31はX回転軸28を介して外枠32に回転自在に保持されている。外枠32は装置の固定部(図示せず)に固着されている。X回転軸28には同軸にX軸歯車26が固着され、外枠32に固定されているX軸モータ24の回転をX回転軸28に伝達する。同様にY回転軸29には同軸にY軸歯車27が固着され、内枠3

1に固定されているY軸モータ25の回転をY回転軸29に伝達するものである。

【0032】さて、位置検出素子6は光学系の中において、光軸が一致したときの入射光L2が集光する位置にその原点P0(0, 0)が来るように設定されるべきものである。しかしながら、一般的にその調整上の困難性から光軸が一致したときの集光点PXY0(X0, Y0)を基準位置とし、その位置を集光位置記憶回路21に記憶しておく。つぎに、光軸が何らかの原因によりずれた場合、このときの集光位置P(X, Y)を集光位置検出回路20で検出し、記憶されている基準の集光点PXY0(X0, Y0)と集光位置比較回路22で比較し、その位置の距離の差に対応した駆動力でモータ駆動回路23によりX軸モータ24およびY軸モータ25を駆動し、出射光L2の放射方位角、即ち光軸を調整するものである。回線を結ぶ2つの装置の各々が自動的にこの制御をすることにより光軸を常に一致して保持することができるものである。

【0033】以上、一つの装置で送信と受信ができる送受一体構成の光空間伝送装置について、自動制御による装置間の光軸調整について述べてきたが、送信機能と受信機能とがそれぞれに分離した形態の装置であっても、受信装置にその光学系の光軸と一致して出射するレーザ光があれば上記の技術を用いることができることは当然である。

【0034】つぎに、第二の課題である大気吸収スクラムと発振スペクトラムの揺らぎとの相互作用による雑音発生低減方法について図8ないし図10を参照して説明する。

【0035】上述したような光源にレーザ発振器を用いて長距離の信号伝送を行う光空間伝送においては、伝送媒体である大気によって信号伝送時のC/N(搬送波/雑音)が影響を受けることが知られている。この大気による影響は、主に、散乱などに伴う減衰要因と、空気中の屈折率の揺らぎに伴う、所謂、陽炎のようなビームダンシング、および大気のスpectrum吸収と半導体レーザの発振スペクトラムの揺らぎとの相互作用によるものである。

【0036】ここで、散乱などに伴う減衰要因と、空気中の屈折率の揺らぎに伴う、所謂、陽炎のようなビームダンシングに対しては前述した光軸の自動調整により、ビーム径を絞り、パワー密度を上げることで対処することができる。しかしながら大気のスpectrum吸収と半導体レーザの発振スペクトラムの揺らぎとの相互作用による雑音発生についての対策は、本件の出願人等によって既に特願平6-300538として出願されている、以下に説明する方法を採らなければならない。

【0037】まず、相互作用について説明する。例えば、図8に示すように、大気の波長吸収スペクトルは、光空間伝送におけるレーザ発振波長としてよく用いられ

る780nm～830nm帯においても、多数確認することができる。尚、図8には大気の波長吸収スペクトルのうち770.0nm～841.6nm付近を示している。

【0038】ここで、光源として例えば単一縦モードのような単一波長で発振している半導体レーザ発振器を用い、この半導体レーザ発振器の当該発振波長が、温度特性等に起因する発振波長シフトによって、図8に示す大気の波長吸収スペクトルの吸収波長と一致してしまった場合には、当該吸収波長によってレーザパワーが減衰してC/Nが劣化することになるが、実際に長距離光空間伝送を行うと、上記吸収による光パワーの減衰によるC/N劣化をはるかに上回る激しい雑音の増大が再現よく起こることが確認されている。更に、伝送信号レベルは上記吸収にともなって減少するものであるため、伝送信号のC/N比はこれらの相乗効果によって著しく悪化することになる。

【0039】このような雑音は半導体レーザの温度特性による波長シフトに伴って生ずるので、通常は何の問題もなく伝送がなされていたものが、温度変化によってじわじわと雑音が増えるようになり、しばらくこの雑音の多い状態が続いた後、またゆっくりと回復するという性質のものである。更に、大気の吸収に関係するものであるから、伝送距離に対して指数関数的にその影響は大きくなるという性質を持つものである。

【0040】これを原因とする雑音発生メカニズムは図9に示すように、スペクトルの吸収特性の肩にレーザの発振波長が重なった場合、上記レーザの波長方向の揺らぎが強度方向の揺らぎに変換されることになり、受信側の装置において上記強度方向の揺らぎが強度雑音として観測されるようになるものである。

【0041】即ち、レーザの発振波長が大気の吸収波長帯上に存在していたとしても、当該レーザ光の波長の変化がなければ当該波長のレーザ光に乗った信号のC/Nの更なる悪化は僅かであるが、当該レーザ光の波長が揺らいだり、或いはレーザ発振器の経年変化等によって当該波長が図9の吸収スペクトルのスロープに掛かって変化すると、波長変動（即ち周波数変動）が振幅変動に変換されることになる。

【0042】この問題に対する対策の基本的な考え方は、レーザの発振スペクトルと大気の吸収スペクトルとが一致しないようにすることであって、その第一の方法はレーザ発振波長が吸収スペクトルに近づいてC/Nが悪化しはじめた場合、相手装置から送られてくるこのC/N悪化の情報に応じて発振波長を強制的にジャンプさせるものである。尚、発振波長の変換は例えば半導体レーザの駆動電流を変える方法、または、半導体レーザの温度を変化させる方法等がある。

【0043】また、この雑音発生を低減する方法として、超マルチモード状態で半導体レーザを発振させるこ

とが極めて効果の大きいことが、本件の出願人等によって示され、前述したように特願平6-300538として既に出願されている。その超マルチモード状態で半導体レーザを発振させる方法として、例えば図10に示すような2つの方法がある。

【0044】まずその第一は、積極的に半導体レーザ3に自発光を戻し超マルチモード状態を発生させるものである。その光学系の一例が図10(a)に示されていて、レンズ1Aと偏光ビームスプリッタ2との間にハーフミラー5Bを設定するものである。ハーフミラー5Bによる戻り光で半導体レーザ3は超マルチモード状態で発振する。尚、超マルチモードのスペクトラム分布状態はハーフミラー5Bによる戻り光量によって異なり、状態に応じて定数を決定することが必要である。

【0045】第二の方法はレーザドライブ回路の駆動電流に高周波成分を重畳して行うものである。その構成は図10(b)に示されていて、ドライバ11には高周波発振器12によってレーザ駆動電流に高周波成分が重畳され、半導体レーザ3を超マルチモード状態で発振させるものである。尚、超マルチモードのスペクトラム分布状態は高周波発振器12の周波数やレベルによって異なり、状態に応じて定数を決定することは、第一の例と同様である。

【0046】上述したように、加入者回線に用いる光空間伝送装置には、その回線の品位を高めるために自動的に光軸を調整する手段と、伝送路となる大気の吸収スペクトラムと半導体レーザの発振スペクトラムの揺らぎの相互作用による雑音の発生を防止することが重要である。

【0047】

【発明の効果】従って、本発明によると加入者回線および加入者間の冗長回線を光空間伝送装置により短時間で簡単に設定することができ、工事による市民生活への悪影響を生じることがない。また、ケーブルで構築する場合の布設工事に関わる関係者の許可取得の煩雑さを解決し、高額な工事費用の削減をすることができる。

【0048】また、上記回線を無線で構築する場合における、電波資源が少ないことによる電波枠の確保の困難さ、および電波の反射、オーバーリーチによる伝送品位の低減等の問題を解決する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による光空間伝送装置を用いた加入者回線と冗長回線のシステムを説明する為の図である。

【図2】 光ファイバーによる基幹回線のスレーブノードと加入者回線との接続関係を説明する為の図である。

【図3】 高速道路に沿って光ファイバーによる基幹回線と、光空間伝送装置による加入者回線の布設例を示す図である。

【図4】 光空間伝送装置の伝送状態を説明する為の図である。

【図 5】 本発明に用いる光空間伝送装置の例を示すブロック図である。

【図 6】 光空間伝送装置のレーザ光出射方向の自動制御に用いる位置検出素子について説明する為の図である。

【図 7】 本発明に用いる光空間伝送装置の光軸の制御について説明する為の光空間伝送装置の概略前面図である。

【図 8】 大気による太陽光の吸収スペクトラムを示す図である。

【図 9】 大気のスเปクトラム吸収による雑音増加の一例について説明する為の図である。

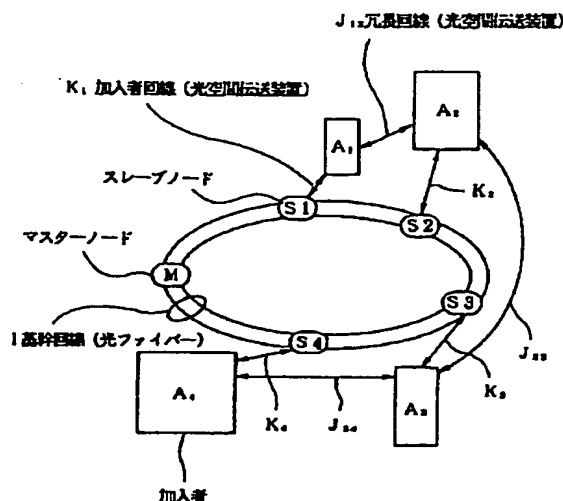
【図 10】 大気のスเปクトラム吸収による雑音増加を防止する為に、半導体レーザを超マルチ状態で発振させる方法を説明する為の図であり、(a) はハーフミラーの反射による戻り光を利用する方法を示し、(b) は半導体レーザの駆動に高周波を重畳する方法を示す。

【符号の説明】

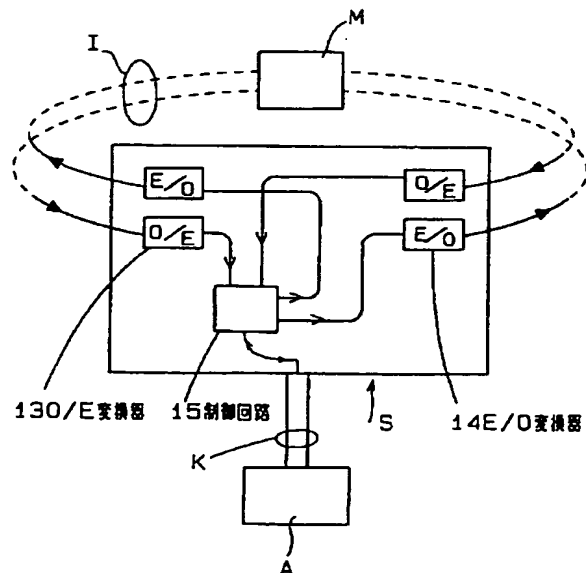
- 1 A ~ 1 E レンズ
2 偏光ビームスプリッタ
3 半導体レーザ
4 光検出素子
5 A、5 B ハーフミラー
6 位置検出回路
10 送信信号処理回路

- 11 ドライバ
12 高周波発振器
13 O/E変換器
14 E/O変換器
15 制御回路
20 集光位置検出回路
21 集光位置記憶回路
22 集光位置比較回路
23 モータ駆動回路
24 X軸モータ
25 Y軸モータ
26 X軸歯車
27 Y軸歯車
28 X回転軸
29 Y回転軸
31 内枠
32 外枠
50、50A、50B 光空間伝送装置
A、A1 ~ A4 加入者
S、S1 ~ S4 スレーブノード
M マスターノード
I 基幹回線
K、K1 ~ K4 加入者回線
J、J12、J23、J34 冗長回線

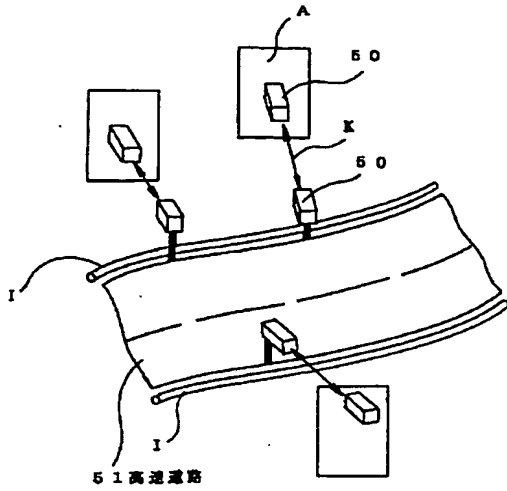
【図 1】



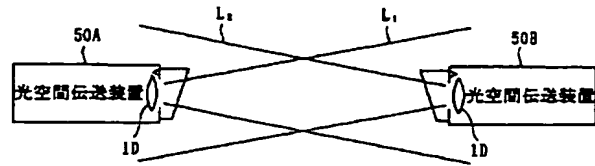
【図 2】



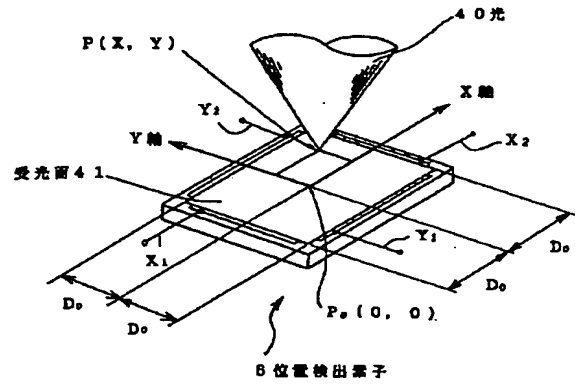
【図3】



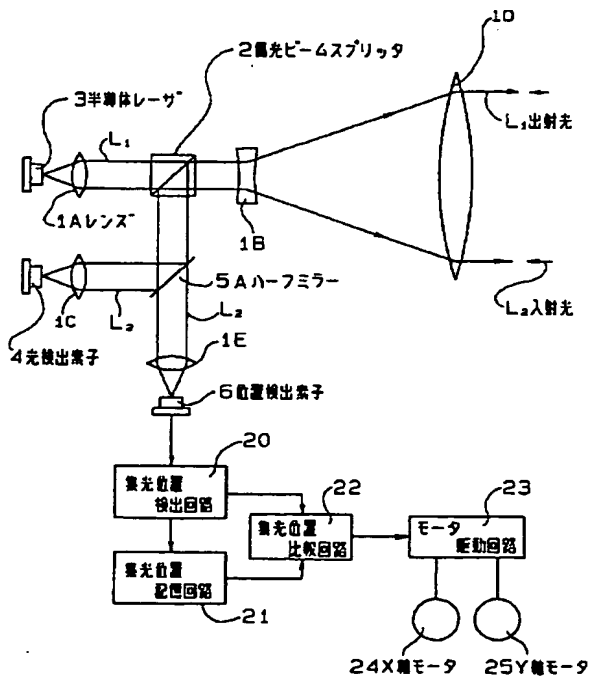
【図4】



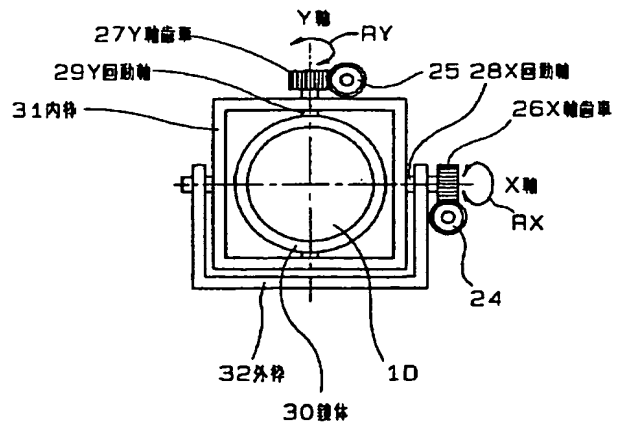
【図6】



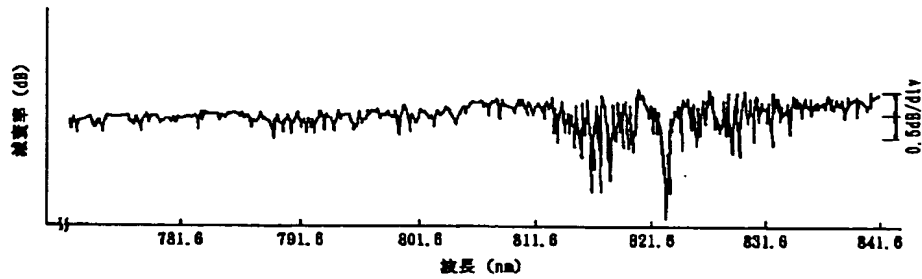
【図5】



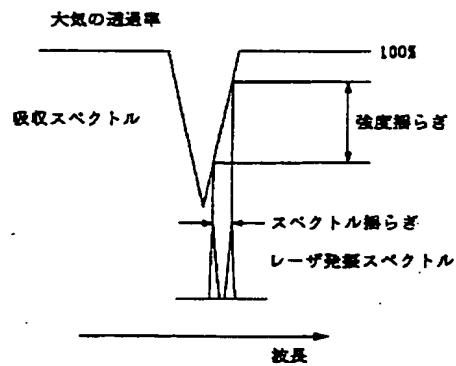
【図7】



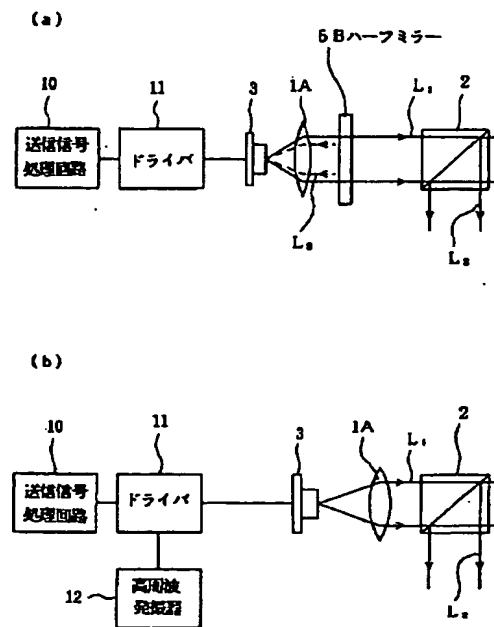
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H04B 10/22

10/02

10/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H04B 9/00

H
M

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.